

# 联合孕中期BMI、血清游离 $\beta$ -HCG对妊娠期高血压疾病与妊娠期糖尿病发生的预测价值

刘敏<sup>1</sup>, 李丽<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>湖北民族大学医学部, 湖北 恩施

<sup>2</sup>湖北民族大学附属民大医院产科, 湖北 恩施

收稿日期: 2026年3月8日; 录用日期: 2026年4月2日; 发布日期: 2026年4月9日

## 摘要

目的: 探究孕中期体重指数(BMI)、血清游离 $\beta$ -人绒毛膜促性腺激素(Free  $\beta$ -HCG)对妊娠期高血压疾病、妊娠期糖尿病发病的预测价值。方法: 回顾性分析2023年1月至2023年12月于湖北民族大学附属民大医院规律产检并顺利分娩的300例孕妇的临床特征资料、孕中期母体血清游离 $\beta$ -HCG、AFP、uE3水平, 分析不同指标与HDP、GDM的相关性, 通过Logistic回归建立预测模型。结果: 孕中期HDP组、GDM组的BMI、free  $\beta$ -HCG (MOM)水平均高于对照组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 均可作为HDP、GDM发生的独立危险因素, 建立HDP预测模型ROC曲线下面积为0.82, 95% CI (0.73~0.91), 区分度良好, 具有较高的预测价值, 建立GDM风险预测模型, AUC为0.67, 95% CI (0.60~0.73), 区分度一般, 具有一定的预测价值。结论: 孕中期BMI、血清Free  $\beta$ -HCG是HDP与GDM发生的独立危险因素, 可纳入联合预测模型, 对早期筛查、早期预防妊娠期并发症的发生具有较高价值。

## 关键词

妊娠期高血压疾病, 妊娠期糖尿病, 体重指数, 唐氏筛查

# Predictive Value of Second-Trimester BMI and Free $\beta$ -HCG for Hypertensive Disorders of Pregnancy and Gestational Diabetes Mellitus

Min Liu<sup>1</sup>, Li Li<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Medicine, Hubei Minzu University, Enshi Hubei

<sup>2</sup>Department of Obstetrics, Minda Hospital Affiliated to Hubei Minzu University, Enshi Hubei

\*通讯作者。

文章引用: 刘敏, 李丽. 联合孕中期 BMI、血清游离  $\beta$ -HCG 对妊娠期高血压疾病与妊娠期糖尿病发生的预测价值[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 2027-2033. DOI: 10.12677/acm.2026.1641446

## Abstract

**Objective:** To investigate the predictive value of second-trimester BMI and serum free  $\beta$ -human chorionic gonadotropin (Free  $\beta$ -HCG) for the development of hypertensive disorders of pregnancy (HDP) and gestational diabetes mellitus (GDM). **Methods:** A retrospective analysis was conducted on 300 pregnant women who received regular prenatal care and had successful delivery at Minda Hospital Affiliated to Hubei Minzu University between January 2023 and December 2023. Clinical characteristics and maternal serum levels of free  $\beta$ -human chorionic gonadotropin ( $\beta$ -HCG), alpha-fetoprotein (AFP), and unconjugated estriol (uE3) in the second trimester were collected. The correlations of these parameters with hypertensive disorders of pregnancy (HDP) and gestational diabetes mellitus (GDM) were analyzed, and a predictive model was established using logistic regression. **Results:** BMI and Free  $\beta$ -HCG (MOM) levels in the HDP group and GDM group were significantly higher than those in the control group ( $P < 0.05$ ), and both were independent risk factors for HDP and GDM. The area under the ROC curve (AUC) of the HDP prediction model was 0.82, with a 95% CI of 0.73~0.91, showing good discrimination and high predictive value. The AUC of the GDM risk prediction model was 0.67, with a 95% CI of 0.60~0.73, indicating moderate discrimination and certain predictive value. **Conclusion:** Second-trimester BMI and serum Free  $\beta$ -HCG are independent risk factors for HDP and GDM, and can be incorporated into a combined prediction model, which is valuable for the early screening and prevention of pregnancy complications.

## Keywords

Hypertensive Disorders of Pregnancy, Gestational Diabetes Mellitus, Body Mass Index, Down Syndrome Screening

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

妊娠期高血压疾病(Hypertensive Disorders of Pregnancy, HDP)与妊娠期糖尿病(Gestational Diabetes Mellitus, GDM)是妊娠期最常见的并发症,二者常合并存在,可显著增加胎儿生长受限、早产及母体产后出血、远期心血管代谢疾病风险[1]-[3]。此类疾病起病隐匿,早期大多无典型临床特征,易被忽视,因此早期识别高危产妇,早期预防至关重要[4][5]。因此本文通过对分析 300 例孕产妇病例资料,旨在探讨孕中期体重指数(Body Mass Index, BMI)、血清 Free  $\beta$ -HCG 对 HDP、GDM 发生的预测价值,为妊娠期并发症的早筛、早防提供更加便捷的方案。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 研究对象

回顾性分析 2023 年 01 月至 2023 年 12 月于湖北民族大学附属民大医院规律产检至分娩的单胎妊娠孕妇 300 名病例资料。纳入标准:年龄  $\geq 18$  岁,单胎妊娠,产检资料完整,HDP 组、GDM 组均符合妇产科学第十版教材诊断。排除标准:排除孕前患糖尿病、高血压等妊娠期合并症,排除妊娠结局中分娩

包括 13、21、18 三体综合征或其他出生缺陷患儿等孕妇。

## 2.2. 资料收集

### 2.2.1. 孕妇临床特征

所有孕妇均在孕早期建孕产保健卡, 孕期规律产前检查, 28 周后分娩, 同时记录孕妇年龄、体重、身高, 算出体重指数(BMI = kg/m<sup>2</sup>)、孕产次、不良孕产史等。

### 2.2.2. 血清学筛查指标(唐氏筛查)

抽取孕妇孕中期(孕 16~18 周)空腹静脉血 3 ml, 标本不抗凝离心分离血清, 检测孕妇血清中  $\beta$ -HCG、AFP、uE3 浓度值, 再根据孕周、体重、吸烟等因素进行校正, 计算得到标准化后的校正 MOM 值, 校正后 MOM 值为本文统计纳入指标。

## 2.3. 统计学分析

本次研究采用 R 4.3.0 统计分析软件进行统计描述、分析和绘图。计量资料中对于符合正态分布数据用均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示, 组间比较采用  $t$  检验, 分类数据采用 n(%)表示, 采用卡方检验或 Fisher 确切概率法, 按检验水准  $\alpha = 0.05$ , 当  $P < 0.05$  认为差异有统计学意义。将单因素分析中有意义的变量( $P < 0.05$ ), 纳入多因素 Logistic 回归分析, 计算曲线下面积, 并对模型进行评价。

## 3. 结果

### 3.1. 妊娠期高血压疾病

#### 妊娠期高血压疾病相关因素的单因素分析

本次研究共纳入 300 例, 其中对照组 269 人, 占比 89.67%, HDP 组 31 人, 占比 10.33%。两组间孕中期 HDP 组的 BMI、free- $\beta$ -HCG (MOM)水平均高于对照组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 而年龄、产次、Free $\beta$ -HCG、AFP、AFP (MOM)、FE3、FE3 (MOM)以及不良妊娠史差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ) (见表 1)。

**Table 1.** Comparison of clinical characteristics and serological screening between the HDP group and the control group  
**表 1.** HDP 组与对照组两组间临床特征、血清学筛查比较

变量	对照组(n = 269)	HDP 组(n = 31)	$t/\chi^2$	$P$
年龄( $\bar{x} \pm s$ )	30.26 $\pm$ 4.07	29.91 $\pm$ 3.87	$t = 0.46$	0.647
BMI( $\bar{x} \pm s$ )	22.40 $\pm$ 2.72	26.19 $\pm$ 3.79	$t = -7.03$	<0.001
Free $\beta$ -HCG( $\bar{x} \pm s$ )	13.43 $\pm$ 8.90	17.32 $\pm$ 13.60	$t = -1.56$	0.129
Free $\beta$ -HCG (MOM) ( $\bar{x} \pm s$ )	0.96 $\pm$ 0.59	1.43 $\pm$ 0.94	$t = -2.70$	0.011
AFP( $\bar{x} \pm s$ )	41.18 $\pm$ 15.74	42.01 $\pm$ 24.02	$t = -0.19$	0.853
AFP (MOM) ( $\bar{x} \pm s$ )	0.88 $\pm$ 0.29	1.02 $\pm$ 0.49	$t = -1.48$	0.148
FE3( $\bar{x} \pm s$ )	1.23 $\pm$ 0.60	1.15 $\pm$ 0.48	$t = 0.71$	0.480
FE3 (MOM) ( $\bar{x} \pm s$ )	0.95 $\pm$ 0.42	0.92 $\pm$ 0.31	$t = 0.38$	0.702
年龄分组, n(%)			$\chi^2 = 0.00$	1.000
<35 岁	234 (86.99)	27 (87.10)		
$\geq 35$ 岁	35 (13.01)	4 (12.90)		

续表

产次 n (%)			-	0.359
0	143 (53.16)	19 (61.29)		
1	110 (40.89)	9 (29.03)		
2	15 (5.58)	3 (9.68)		
3	1 (0.37)	0 (0.00)		
不良妊娠史, n (%)			$\chi^2 = 0.00$	0.997
无	217 (80.67)	25 (80.65)		
有	52 (19.33)	6 (19.35)		

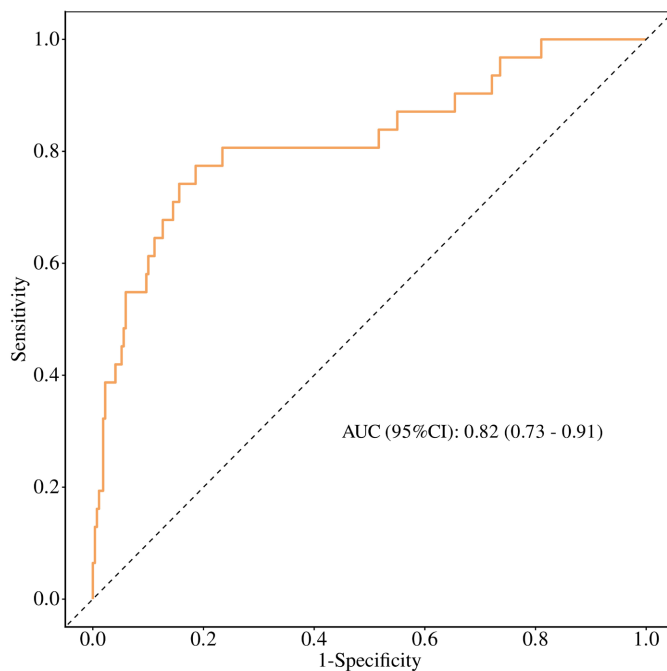
据研究结果显示(表 2), BMI (OR 1.437, 95% CI 1.261~1.638、血清 Free $\beta$ -HCG (MOM) (OR 2.222, 95% CI 1.103~3.519)均是 HDP 发生的独立危险因素。联合二者建立 ROC 模型(见图 1)其 ROC 曲线下面积为 0.82, 95% CI (0.73~0.91), 区分度良好, 具有较高的预测价值。

**Table 2.** Univariate and multivariate analyses of risk factors for Hypertensive Disorders of Pregnancy (HDP) based on binary logistic regression

**表 2.** 基于二元 Logistic 回归的 HDP 风险因素的单因素及多因素分析

变量	单因素					多因素				
	$\beta$	S.E	Z	P	OR (95% CI)	$\beta$	S.E	Z	P	OR (95% CI)
BMI	0.363	0.067	5.423	<0.001	1.437 (1.261~1.638)	0.379	0.072	5.224	<0.001	1.460 (1.267~1.683)
Free $\beta$ -HCG (MOM)	0.798	0.235	3.403	<0.001	2.222 (1.403~3.519)	0.906	0.272	3.330	<0.001	2.474 (1.452~4.216)

OR: Odds Ratio, CI: Confidence Interval.



**Figure 1.** ROC risk prediction model of HDP combining second-trimester BMI and serum free  $\beta$ -HCG

**图 1.** 联合孕中期 BMI + 血清游离  $\beta$ -HCG 的 HDP 的 ROC 风险预测模型

### 3.2. 妊娠期糖尿病

#### 3.2.1. 妊娠期糖尿病相关因素的单因素分析

据表 3 所示, 对照组 212 人, 占比 70.67%, HDP 组 88 人, 占比 29.33%。两组间孕中期 GDM 组的 BMI、free- $\beta$ -HCG (MOM) 水平均高于对照组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 其余指标差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。

**Table 3.** Comparison of clinical characteristics and serological screening between the GDM group and the control group  
**表 3.** GDM 组与对照组两组间临床特征、血清学筛查比较

变量	对照组(n = 212)	GDM 组(n = 88)	t/ $\chi^2$	P
年龄( $\bar{x} \pm s$ )	30.24 $\pm$ 4.02	30.19 $\pm$ 4.12	t = 0.09	0.926
BMI ( $\bar{x} \pm s$ )	22.31 $\pm$ 2.83	23.95 $\pm$ 3.31	t = -4.35	<0.001
Free $\beta$ -HCG ( $\bar{x} \pm s$ )	13.72 $\pm$ 8.63	14.10 $\pm$ 11.48	t = -0.31	0.754
Free $\beta$ -HCG (MOM) ( $\bar{x} \pm s$ )	0.95 $\pm$ 0.56	1.18 $\pm$ 0.79	t = -2.48	0.014
AFP ( $\bar{x} \pm s$ )	41.93 $\pm$ 17.36	39.67 $\pm$ 15.10	t = 1.07	0.286
AFP (MOM) ( $\bar{x} \pm s$ )	0.89 $\pm$ 0.30	0.92 $\pm$ 0.36	t = -0.83	0.405
FE3 ( $\bar{x} \pm s$ )	1.20 $\pm$ 0.53	1.26 $\pm$ 0.73	t = -0.81	0.420
FE3 (MOM) ( $\bar{x} \pm s$ )	0.92 $\pm$ 0.35	1.00 $\pm$ 0.53	t = -1.59	0.114
年龄分组, n (%)			$\chi^2 = 0.04$	0.833
<35 岁	185 (87.26)	76 (86.36)		
$\geq 35$ 岁	27 (12.74)	12 (13.64)		
产次 n (%)			-	0.091
0	122 (57.55)	40 (45.45)		
1	77 (36.32)	42 (47.73)		
2	13 (6.13)	5 (5.68)		
3	0 (0.00)	1 (1.14)		
不良妊娠史, n (%)			$\chi^2 = 0.42$	0.518
无	169 (79.72)	73 (82.95)		
有	43 (20.28)	15 (17.05)		

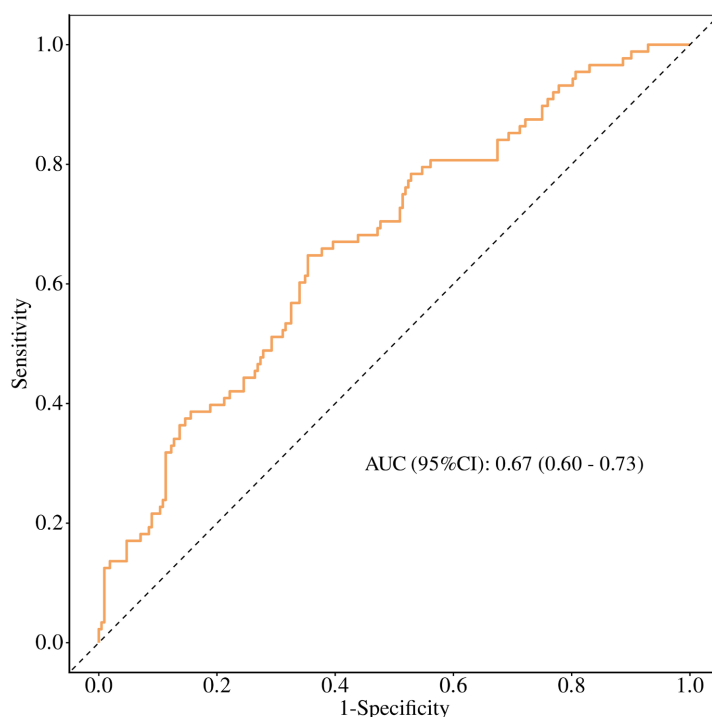
#### 3.2.2. 孕中期 BMI + 血清游离 $\beta$ -HCG 建立 GDM 风险预测模型

据分析结果显示(见表 4), BMI (OR 1.191, 95% CI 1.094~1.296, free- $\beta$ -HCG (MOM) (OR 1.682, 95% CI 1.151~2.458)均是 GDM 发生的独立危险因素。联合二者建立 ROC 模型(见图 2)其 AUC 为 0.67, 95% CI (0.60~0.73), 区分度一般, 具有一定的预测价值。

**Table 4.** Univariate and multivariate analyses of risk factors for GDM based on binary logistic regression  
**表 4.** 基于二元 Logistic 回归的 GDM 风险因素的单因素及多因素分析

变量	单因素					多因素				
	$\beta$	S.E	Z	P	OR (95% CI)	$\beta$	S.E	Z	P	OR (95% CI)
BMI	0.175	0.043	4.037	<0.001	1.191 (1.094~1.296)	0.175	0.044	3.953	<0.001	1.192 (1.092~1.300)
Free $\beta$ -HCG (MOM)	0.520	0.194	2.686	0.007	1.682 (1.151~2.458)	0.521	0.201	2.589	0.010	1.683 (1.135~2.496)

OR: Odds Ratio, CI: Confidence Interval.



**Figure 2.** ROC risk prediction model of GDM combining Second-Trimester BMI and serum free  $\beta$ -HCG  
**图 2.** 联合孕中期 BMI + 血清游离  $\beta$ -HCG 的 GDM 的 ROC 风险预测模型

#### 4. 讨论

体重指数作为孕前及孕期营养与肥胖状态的核心指标,已被多项研究证实为 HDP 与 GDM 的共同独立危险因素。孕前肥胖与孕期体重增长迅速均是妊娠期合并症的重要原因,其机制为肥胖导致脂肪组织扩张,分泌脂肪酸、抵抗素等多种因子,抑制胰岛素通路信号,从而引发胰岛素抵抗,胰岛  $\beta$  细胞无法代偿,从而引发血糖升高,血糖升高又进一步引起血管内皮损伤与慢性炎症系统激活,诱发血压升高,引起代谢紊乱[6][7]。如钟文[8]在研究中也证实随着孕前 BMI (OR 1.293)的增加,孕妇患 HDP 的风险也相应升高。英晓菲[9]提出孕前 BMI 是引发 GDM 的危险因素,与本研究结果均是一致的。

血清游离  $\beta$ -HCG 是唐氏筛查的指标之一,是由胎盘合体滋养细胞分离出来的激素,常用来进行胎儿染色体畸形筛查,近来研究表明[10],孕中期 HCG 的增高与 HDP 的发生密切相关。本研究结果显示, HDP 组、GDM 的血清游离  $\beta$ -HCG 明显高于对照组,是 HDP、GDM 发生的独立危险因素。其原因可能与以下机制相关[11]-[13]: (1) 血管生成失衡:  $\beta$ -HCG 分泌增加上调 sFlt/FIGF 比值,抑制小血管生成,胎盘缺血性改变; (2) 炎症与氧化应激紊乱:  $\beta$ -HCG 可介导多种血管内皮因子,如 CPR、IL-6、MDA 等,从而参与全身血管痉挛与内皮损伤; (3) 胎盘滋养细胞功能异常: 当胎盘出现缺血性改变,滋养细胞可代偿性增值,复合 HDP 的发病机制。而  $\beta$ -HCG 分泌增加通过影响垂体甲状腺轴的调节、调控胎盘激素,从而引起介导母体胰岛素抵抗的发生,增加 GDM 的发生[14]。

目前国内外多围绕单一并发症开展预测研究,如国际金标准 FMF 模型[15]纳入了胎盘生长因子(PIGF)等昂贵标志物,预测效能高,但难以基层推广,而本研究将孕中期 BMI、血清游离  $\beta$ -HCG 等常规孕检指标用于构建联合 HDP 与 GDM 预测模型, HDP 风险预测模型 ROC = 0.82 (95% 0.73~0.91), GDM 模型 ROC = 0.67 (95% 0.60~0.73),具有良好的预测性能,且不增加额外检测费用,使早期筛查更为简便,但由于模型为单中心研究,可能存在一定局限,未来可进一步纳入更多的预测因子进行多中心研究。

## 声明

本研究通过湖北民族大学附属民大医院医学伦理委员会伦理审查, 审查批号 Y2025011。

## 参考文献

- [1] 孔北华, 马丁, 段涛. 妇产科学[M]. 第10版. 北京: 人民卫生出版社, 2024: 87-95+110-118.
- [2] 中华医学会妇产科学分会产科学组. 妊娠期高血压疾病诊治指南(2020) [J]. 中华妇产科杂志, 2020, 55(4): 227-238.
- [3] 中华医学会围产医学分会. 妊娠期糖尿病诊治指南(2023) [J]. 中华围产医学杂志, 2023, 26(1): 1-10.
- [4] 屈春乐, 杨宁, 李玉明. 妊娠期高血压疾病的早期预防[J]. 中华高血压杂志(中英文), 2025, 33(4): 328-334.
- [5] Deng, Y.L., She, L.F., Li, X.Y., Lai, W., Yu, L., Zhang, W., *et al.* (2022) Monitoring Hypertensive Disorders in Pregnancy to Prevent Preeclampsia in Pregnant Women of Advanced Maternal Age: Trial Mimicking with Retrospective Data. *Open Medicine*, **17**, 1840-1848. <https://doi.org/10.1515/med-2022-0560>
- [6] Martínez-Vizcaíno, V., Sanabria-Martínez, G., Fernández-Rodríguez, R., Caverro-Redondo, I., Pascual-Morena, C., Álvarez-Bueno, C., *et al.* (2022) Exercise during Pregnancy for Preventing Gestational Diabetes Mellitus and Hypertensive Disorders: An Umbrella Review of Randomised Controlled Trials and an Updated Meta-Analysis. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, **130**, 264-275. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.17304>
- [7] Lourenço, J. and Guedes-Martins, L. (2025) Pathophysiology of Maternal Obesity and Hypertension in Pregnancy. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, **12**, Article 91. <https://doi.org/10.3390/jcdd12030091>
- [8] 钟文, 王璇, 漆洪波, 等. 妊娠期高血压疾病风险预测模型建立探讨[J]. 实用妇产科杂志, 2022, 38(3): 228-232.
- [9] 英晓菲, 孙鹏玉, 乔鹏艳, 等. 高龄妊娠期糖尿病孕妇围产期并发症风险及高危因素分析[J]. 中国临床医生杂志, 2025, 53(11): 1461-1463.
- [10] Chen, Y.M., Chen, Y.J., Wang, X.E., *et al.* (2021) Second Trimester Maternal Serum D-Dimer Combined with Alpha-Fetoprotein and Free  $\beta$ -Subunit of Human Chorionic Gonadotropin Predict Hypertensive Disorders of Pregnancy: A Systematic Review and Retrospective Case-Control Study. *Journal of Translational Medicine*, **19**, Article No. 94. <https://doi.org/10.1186/s12967-021-02718-4>
- [11] Dongre, M., Zore, J., Pereira, I. and Vas, F. (2025) A Study to Determine the Correlation between Serum Beta-Human Chorionic Gonadotropin Levels, Lipid Profile, and Pregnancy-Induced Hypertension in the Early Second Trimester. *MGM Journal of Medical Sciences*, **12**, 451-457. [https://doi.org/10.4103/mgmj.mgmj\\_257\\_25](https://doi.org/10.4103/mgmj.mgmj_257_25)
- [12] Lin, H., Chen, H. and Zhuo, M. (2025) Predictive Value of Pre-Delivery Serum B-Human Chorionic Gonadotropin, Fibrinogen, and Homocysteine for Pregnancy-Induced Hypertension. *Journal of Medical Biochemistry*, **44**, 235-243. <https://doi.org/10.5937/jomb0-52483>
- [13] Huang, J., Liu, Y., Yang, H., Xu, Y. and Lv, W. (2022) The Effect of Serum  $\beta$ -Human Chorionic Gonadotropin on Pregnancy Complications and Adverse Pregnancy Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, **2022**, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2022/8315519>
- [14] 朱晓艳, 徐艳梅, 黄艳. 妊娠期糖尿病患者血清 AFP、 $\beta$ -HCG 及 uE3 水平与胰岛素抵抗的关系[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2025, 17(11): 2074-2077.
- [15] Wright, D., Wright, A. and Nicolaidis, K.H. (2020) The Competing Risk Approach for Prediction of Preeclampsia. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, **223**, 12-23.e7. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2019.11.1247>